

ランダムグラフ上の $\pm J$ モデルにおけるスピングラス相境界

松田 佳希¹

東京工業大学大学院 理工学研究科 物性物理学専攻

疎結合グラフ上のランダムネスを伴う問題は、情報科学における最適化問題の一例として知られており、活発に研究が進められてきた。その中でも、統計物理学との関連が強い問題として、ランダムグラフ上のスピングラスモデルが典型問題として知られている。これまでの研究により、疎結合グラフ上のスピングラスモデルでは、低温においてスピングラス相と呼ばれるランダムに凍結した秩序相が存在する事が知られている。このスピングラス相の存在と、最適化問題を解く上でのシミュレーテッドアニーリングに代表されるメタヒューリスティックアルゴリズムにおける困難性との関連が指摘されており、スピングラスモデルの相構造を解明することは統計物理学上の興味だけでなく、最適化問題からの視点においても重要な意味を持つ。

本研究では、ランダム磁場 k 体スピングラスモデルに対して数値計算による相図の決定を行った。疎結合グラフにおいては、cavity 法として知られる強力な手法を用いることで、スピングラスモデルを近似的もしくは厳密に解くことが可能となる。このモデルでは、ボンドランダムネスだけでなく、ランダム磁場という形でサイトランダムネスも導入されており、二種類のランダムネスの複合によりスピングラス相がどのようにして現れるのかについて詳細に調べた。

結果としては次のようなものである。ボンドランダムネスが存在せず、すべて強磁性相互作用の場合には、2体の相互作用において格子によらずスピングラス相が存在しないことが証明されているが [1]、3体においては相互作用が全て強磁性的であっても、ランダム磁場により 1RSB スピングラス相が現れる事を示唆する結果を得た。さらに、相互作用にランダムネスを加えた場合には、強磁性相を除いて相図が相互作用のランダムさに依存しない相図を得た。この相図は一様磁場中のランダムネスが対称分布の相図と一致する。相互作用のランダムさに依存しないという結果に関しては、2体のモデルでも成り立つ。この場合には、相互作用にランダムネスを少しでも加えることで、スピングラス相が現れるが、やはりスピングラス相境界は相互作用のランダムさに依存しない。

以上の結果は、ゲージ変換によって k や結合数 c 、そして磁場の強さ H や温度 T に依存せず説明される。これにより、系の性質は強磁性相を除いて相互作用のランダムさに全く依存しないことを意味し、ランダムグラフ上のスピングラスモデルの非常に一般的な性質として理解することが出来る。講演ではこのゲージ変換の有効範囲や、その物理的な意味について詳しく議論する。本研究は文献 [2] においてまとめられており、併せて参照して頂きたい。

[1] F. Krzakala, F. Ricci-Tersenghi and L. Zdeborova, Phys. Rev. Lett. 104, 207208 (2010)

[2] Y. Matsuda, H. Nishimori, L. Zdeborova and F. Krzakala, arXiv:1101.5863

¹matsuda@stat.phys.titech.ac.jp
<http://www.stat.phys.titech.ac.jp/~matsuda/>